

续表 3.7.5

项目	技术指标		
	AI 类	AIIa 类	AIIb 类
泊松比	≥0.13		
抗冻性	无破坏		
抗热震性	无破坏		
耐污染性	无明显污染痕迹		
抗釉裂性 ^a	无龟裂		
线性热膨胀系数/℃ ⁻¹	≤7×10 ⁻⁶		
湿膨胀系数/%	≤0.06		
耐化学腐蚀性	无明显变化		

注：a 只适用于釉面陶板。

3.7.6 陶板、微晶玻璃的抗弯、抗剪强度设计值可按下列公式计算：

$$f_{p1} = f_{pm} / 2.00$$

$$f_{p2} = f_{pm} / 10.00$$

式中： f_{p1} ——陶板、微晶玻璃抗弯强度设计值（N/mm²）；

f_{p2} ——陶板、微晶玻璃抗剪强度设计值（N/mm²）；

f_{pm} ——陶板、微晶玻璃弯曲强度试验平均值（N/mm²）。

陶板弯曲强度试验中任一试件的弯曲强度试验值低于 8.0N/mm² 时，该批陶板不得用于幕墙工程。

3.7.7 幕墙用纤维水泥板的基板应采用现行行业标准《外墙用非承重纤维增强水泥板》JG/T 396 规定的外墙用涂装板，在未经表面防水处理和涂装处理状态下，板材的表观密度不宜小于 1.5g/cm³，吸水率不应大于 20%，强度等级不宜低于Ⅲ级（饱水状态抗折强度不宜小于 18MPa）。

3.8 连接件与紧固件

3.8.1 幕墙常用紧固件应符合下列规定：

1 螺钉、螺栓的材质和机械性能应符合现行国家标准《紧固件机械性能 螺栓、螺钉和螺柱》GB/T 3098.1、《紧固件机械性能 螺母》GB/T 3098.2、《紧固件机械性能 自攻螺钉》GB/T 3098.5、《紧固件机械性能 不锈钢螺栓、螺钉和螺柱》GB/T 3098.6、《紧固件机械性能 自钻自攻螺钉》GB/T 3098.11、《紧固件机械性能 不锈钢螺母》GB/T 3098.15 等的规定；

2 螺钉、螺栓的品种、规格应符合现行国家标准《1型六角螺母 C级》GB/T 41、《平垫圈 C级》GB 95、《平垫圈 A级》GB 97.1、《十字槽盘头螺钉》GB/T 818、《十字槽盘头自攻螺钉》GB 845、《轻型弹簧垫圈》GB 859、《六角头螺栓 C级》GB/T 5780、《六角头螺栓 全螺纹 C级》GB/T 5781、《自钻自攻螺钉》GB/T 15856.1 ~ GB/T 15856.5 等的规定；

3 抽芯铆钉的材质、机械性能和品种、规格，应符合现行国家标准《紧固件机械性能 抽芯铆钉》GB/T 3098.19 和《开口型平圆头抽芯铆钉 51级》GB/T 12618.4 等的规定。

3.8.2 幕墙与建筑主体结构或支承结构之间，应采用钢连接件或铝合金连接件。钢连接件的材质和表面防腐处理应分别符合本标准第3.3.1和3.3.6条的规定。铝合金连接件的材质和表面处理应符合现行国家标准《铝合金建筑型材 第1部分：基材》GB/T 5237.1和《铝合金建筑型材 第2部分：阳极氧化型材》GB/T 5237.2的规定，型材尺寸允许偏差不应低于高精级的要求，型材表面应进行阳极氧化处理，氧化膜厚度不得低于AA15级。

3.8.3 后置埋件应选用扩底型机械锚栓和特殊倒锥形化学锚栓等性能可靠的锚栓，锚栓的直径不应小于10mm，锚栓应采用不

锈钢、碳素钢或合金钢材质。机械锚栓应符合现行行业标准《混凝土用机械锚栓》JG/T 160 的规定；特殊倒锥形化学锚栓应符合现行行业标准《混凝土结构后锚固技术规程》JGJ 145 的规定，不得使用普通化学锚栓和膨胀锚栓。当采用特殊倒锥形化学锚栓时，应提供化学锚栓的耐高温测试报告。

3.8.4 锚栓材质选用碳素钢或合金钢时，性能等级不得低于 4.8 级，力学性能指标应按表 3.8.4 - 1 采用；当锚栓材质选用奥氏体不锈钢时，性能等级不得低于 70 级，力学性能指标应按表 3.8.4 - 2 采用。

表 3.8.4 - 1 碳素钢及合金钢锚栓的力学性能指标

性能等级		4.8	5.6	5.8	6.8	8.8
极限抗拉强度标准值	f_{stk} (N/mm ²)	400	500	500	600	800
屈服强度标准值	f_{yk} 或 $f_{s,0.2k}$ (N/mm ²)	320	300	400	480	640
伸长率	δ_5 (%)	14	20	10	8	12

表 3.8.4 - 2 奥氏体不锈钢锚栓的力学性能指标

性能等级	螺纹直径 (mm)	极限抗拉强度标准值 f_{stk} (N/mm ²)	屈服强度标准值 f_{yk} 或 $f_{s,0.2k}$ (N/mm ²)	伸长值 δ
70	≤24	700	450	0.4d
80	≤24	800	600	0.3d

3.8.5 幕墙面板用不锈钢挂件，宜采用经固溶处理的奥氏体不锈钢制品。幕墙面板用铝合金型材挂件，表面应进行防腐蚀处理并应符合设计要求。

3.8.6 幕墙用背栓最小直径不应小于 6.0mm，应采用奥氏体不锈钢制作。其组别和性能等级不宜低于现行国家标准《紧固件机械性能 不锈钢螺栓、螺钉和螺柱》GB/T 3098.6 和《紧固件机械性能 不锈钢螺母》GB/T 3098.15 中组别为 S316 的奥氏体

不锈钢。

3.8.7 螺栓、铆钉、不锈钢螺栓、焊缝等连接材料强度设计值按现行国家标准《钢结构设计标准》GB 50017 的规定采用，也可按表 3.8.7-1~3.8.7-4 采用。

表 3.8.7-1 螺栓连接的强度设计值 (N/mm²)

螺栓的性能等级、锚栓和构件钢材的牌号		普通螺栓						锚栓	承压型连接高强度螺栓		
		C 级螺栓			A 级、B 级螺栓				抗拉	抗拉	抗剪
		抗拉	抗剪	承压	抗拉	抗剪	承压				
		f_t^b	f_v^b	f_c^b	f_t^b	f_v^b	f_c^b	f_t^a			
普通螺栓	4.6、4.8 级	170	140	—	—	—	—	—	—	—	
	5.6 级	—	—	—	210	190	—	—	—	—	
	8.8 级	—	—	—	400	320	—	—	—	—	
锚栓	Q235 钢	—	—	—	—	—	—	140	—	—	
	Q355 钢	—	—	—	—	—	—	180	—	—	
承压型连接高强度螺栓	8.8 级	—	—	—	—	—	—	—	400	250	
	10.9 级	—	—	—	—	—	—	—	500	310	
构件	Q235 钢	—	—	305	—	—	405	—	—	470	
	Q355 钢	—	—	385	—	—	510	—	—	590	
	Q390 钢	—	—	400	—	—	530	—	—	615	

- 注：1 A 级螺栓用于工程直径 d 不大于 24mm、螺杆工程长度不大于 10d 且不大于 150mm 的螺栓；
- 2 B 级螺栓用于工程直径 d 大于 24mm、螺杆工程长度大于 10d 或大于 150mm 的螺栓；
- 3 A、B 级螺栓孔的精度和孔壁表面粗糙度，C 级螺栓孔允许偏差和孔壁表面粗糙度，应符合现行国家标准《钢结构工程施工质量验收标准》GB 50205 的规定。

表 3.8.7-2 铆钉连接的强度设计值 (N/mm^2)

铆钉钢号和 构件钢材牌号		抗拉 (铆头拉脱)	抗剪		承压	
			I 类孔	II 类孔	I 类孔	II 类孔
铆钉	BL2、BL3	120	185	155	—	
构件	Q235 钢	—	—		450	365
	Q345 钢	—	—		565	460
	Q390 钢	—	—		590	480

注：1 属于下列情况者为 I 类孔：

- 1) 在装配好的构件上按设计孔径钻成的孔；
- 2) 在单个零件和构件上按设计孔径分别用钻模钻成的孔；
- 3) 在单个零件上先钻成或冲成较小的孔径，然后在装配好的构件上再扩钻至设计孔径的孔；

2 在单个零件上一次冲成或不用钻模钻成设计孔径的孔属于 II 类孔。

表 3.8.7-3 不锈钢螺栓连接的强度设计值 (N/mm^2)

类别	组别	性能等级	σ_b	抗拉	抗剪
A (奥氏体)	A1、A2	50	500	230	175
	A3、A4	70	700	320	245
	A5	80	800	370	280
C (马氏体)	C1	50	500	230	175
		70	700	320	245
		100	1000	450	350
	C3	80	800	370	280
	C4	50	500	230	175
		70	700	320	245
F (铁素体)	F1	45	450	210	160
		60	600	275	210

表 3.8.7-4 焊缝的强度设计值 (N/mm²)

焊接方法 和焊条型号	构件钢材		对接焊缝				角焊缝
	牌号	厚度或直径 d (mm)	抗压 f_c^w	抗拉和抗弯受拉 f_t^w			抗拉抗压 抗剪 f_t^w
				一级、二级	三级	f_t^w	
自动焊、半自动焊和 E43 型焊条的手工焊	Q235	$d \leq 16$	215	215	185	125	160
		$16 < d \leq 40$	205	205	175	120	
		$40 < d \leq 60$	200	200	170	115	
自动焊、半自动焊和 E50 型焊条的手工焊	Q355	$d \leq 16$	310	310	265	180	200
		$16 < d \leq 35$	295	295	250	170	
		$35 < d \leq 50$	265	265	225	155	
自动焊、半自动焊和 E55 型焊条的手工焊	Q390	$d \leq 16$	350	350	300	205	220
		$16 < d \leq 35$	335	335	285	190	
		$35 < d \leq 50$	315	315	270	180	
	Q420	$d \leq 16$	380	380	320	220	220
		$16 < d \leq 35$	360	360	305	210	
		$35 < d \leq 50$	340	340	290	195	

- 注：1 表中的一级、二级、三级是指焊缝质量等级，应符合现行国家标准《钢结构工程施工质量验收标准》GB 50205 的规定。厚度小于 8mm 钢材的对接焊缝，不应采用超声探伤确定焊缝质量等级；
- 2 自动焊和半自动焊所采用的焊丝和焊剂，应保证其熔敷金属力学性能不低于现行国家标准《埋弧焊用非合金钢及细晶粒钢实心焊丝、药芯焊丝和焊丝-焊剂组合分类要求》GB/T 5293 和《埋弧焊用热强钢实心焊丝、药芯焊丝和焊丝-焊剂组合分类要求》GB/T 12470 的相关规定；
- 3 表中厚度是指计算点钢材厚度，对轴心受力构件是指截面中较厚板件的厚度。

3.8.8 幕墙材料的物理力学性能指标应按表 3.8.8 采用。

表 3.8.8 材料的物理力学性能指标

材料	弹性模量 E (N/mm ²)	泊松比 ν	线膨胀系数 α (1/°C)	
玻璃	0.72×10^5	0.200	$0.80 \times 10^{-5} \sim 1.00 \times 10^{-5}$	
铝合金型材及铝板	0.72×10^5	0.330	2.35×10^{-5}	
钢材	2.06×10^5	0.300	1.20×10^{-5}	
不锈钢			1.80×10^{-5}	
不锈钢绞线	$1.20 \times 10^5 \sim 1.50 \times 10^5$		1.80×10^{-5}	
消除应力的高强钢丝	2.05×10^5		根据产品厂家实测值	
高强钢绞线	1.95×10^5			
钢丝绳	$0.80 \times 10^5 \sim 1.00 \times 10^5$			
蜂窝铝板	10mm	0.35×10^5	0.250	2.40×10^{-5}
	15mm	0.27×10^5		
	20mm	0.21×10^5		
铝塑复合板	4mm	0.20×10^5	0.250	$\leq 4.00 \times 10^{-5}$
	6mm	0.30×10^5		
搪瓷钢板	单体	2.06×10^5	0.300	1.20×10^{-5}
	复合	1.20×10^5	0.250	0.90×10^{-5}
花岗岩板	0.80×10^5	0.125	0.80×10^{-5}	
陶板	0.20×10^5	0.130	0.60×10^{-5}	
微晶玻璃	0.80×10^5	0.250	0.62×10^{-5}	
瓷板	0.60×10^5	0.250	0.60×10^{-5}	

3.8.9 材料的重力密度标准值可按表 3.8.9 采用。

表 3.8.9 材料的重力密度标准值 (kN/m³)

材料	γ_g	材料	γ_g
玻璃	25.6	矿棉	1.2 ~ 1.5
		玻璃棉	0.5 ~ 1.0
钢材	78.5	岩棉	0.5 ~ 2.5

续表 3.8.9

材料	γ_g	材料	γ_g
铝合金	28.0	微晶玻璃	27.0
花岗岩	28.0	石灰石	26.0
陶板	22.5	瓷板	23.0

3.9 结构胶和密封材料

3.9.1 幕墙用硅酮结构密封胶的性能应符合现行国家标准《建筑用硅酮结构密封胶》GB 16776 和现行行业标准《建筑幕墙用硅酮结构密封胶》JG/T 475 的规定。幕墙用硅酮建筑密封胶应符合现行国家标准《硅酮和改性硅酮建筑密封胶》GB/T 14683 中 Gw 类的规定。

3.9.2 幕墙用硅酮建筑密封胶和硅酮结构密封胶，应经国家认定的检测机构进行与其接触材料的相容性试验；硅酮结构密封胶还应进行与被粘结材料的剥离粘接性试验以及硅酮结构密封胶邵氏硬度、标准条件拉伸粘结性能试验。

3.9.3 硅酮结构密封胶生产厂家应提供产品合格证、有质保年限的质量保证书及相关性能检测报告。硅酮结构密封胶生产商还应提供结构胶拉伸试验的应力应变曲线供设计选用。硅酮结构胶的强度设计值应按表 3.9.3 采用。

表 3.9.3 硅酮结构胶的强度设计值 (N/mm^2)

项目	强度设计值	项目	强度设计值
短期荷载作用下强度设计值 f_1	0.20	长期荷载作用下强度设计值 f_2	0.01

3.9.4 与金属、镀膜玻璃、夹层玻璃、中空玻璃以及中性硅酮结构密封胶接触的建筑密封胶，应使用中性硅酮密封胶。

3.9.5 石材、陶板、纤维水泥板等多孔性幕墙板缝用耐候密封

胶应符合现行国家标准《石材用建筑密封胶》GB/T 23261 的有关规定，并进行污染性试验。

3.9.6 玻璃、金属板、瓷板等非多孔性幕墙板缝用耐候密封胶应符合现行国家标准《硅酮和改性硅酮建筑密封胶》GB/T 14683 中对 Gw 类的规定，并应在施工前进行粘结性试验。

3.9.7 幕墙中的建筑接缝和干缩位移接缝用改性硅酮建筑密封胶性能应符合现行国家标准《硅酮和改性硅酮建筑密封胶》GB/T 14683 的有关规定。硅酮耐候密封胶位移能力不宜低于 35 级、改性硅酮密封胶不宜低于 25 级，应与所接触的材料相容，且不应污染所粘结材料。

3.9.8 石材挂件与通槽或短槽的填充宜采用柔性胶，可采用性能符合现行行业标准《干挂石材幕墙用环氧胶粘剂》JC 887 的环氧树脂胶，不得采用不饱和聚酯树脂胶。

3.9.9 防火封堵密封胶理化性能技术要求应符合现行国家标准《防火封堵材料》GB 23864 的规定，并出具有效期内型式检验报告。

3.9.10 幕墙用密封胶条宜采用三元乙丙橡胶、氯丁橡胶、热塑性弹性体及硅橡胶制品，并应符合现行国家标准《建筑门窗、幕墙用密封胶条》GB/T 24498 的有关规定。

3.10 其他材料

3.10.1 幕墙的密封衬垫材料，宜采用聚乙烯泡沫，其密度不应大于 37kg/m^3 。

3.10.2 与单组分硅酮结构密封胶配合使用的低发泡间隔双面胶条应具有透气性。

3.10.3 玻璃支承垫块宜采用邵氏硬度 85 - 90 的氯丁橡胶等材料，不得采用易老化、腐蚀及吸水的材料。

3.10.4 与幕墙配套使用的五金件、紧固件及附件应符合相应的产品标准。

3.10.5 幕墙的隔热保温材料应采用岩棉、矿棉、玻璃棉等不燃材料。岩棉保温材料的密度不应低于 $80\text{kg}/\text{m}^3$ ，并应设置防潮保护层。

3.10.6 防火封堵材料的燃烧性能、耐火性能应符合现行国家标准《防火封堵材料》GB 23864 的有关规定。

3.10.7 防火封堵构造所用的岩棉、硅酸铝棉等矿物棉的燃烧性能应达到现行国家标准《建筑材料及制品燃烧性能分级》GB 8624 中规定的 A 级，密度不应小于 $100\text{kg}/\text{m}^3$ ，熔点不应小于 1000°C 。

3.10.8 双层幕墙空气间层内的遮阳织物或百叶等材料的燃烧性能不应低于现行国家标准《建筑材料及制品燃烧性能分级》GB 8624 中规定的 B1 级。

3.10.9 穿条式隔热铝合金型材的隔热条（PA66GF25）性能应符合现行国家标准《铝合金建筑型材用隔热材料 第1部分：聚酰胺型材》GB/T 23615.1 和现行行业标准《建筑铝合金型材用聚酰胺隔热条》JG/T174 的规定。浇注式隔热铝合金型材的隔热胶性能应符合现行国家标准《铝合金建筑型材用隔热材料 第2部分：聚氨酯隔热胶》GB/T 23615.2 中的 II 级胶的技术要求。

4 建筑设计

4.1 一般规定

4.1.1 采用建筑幕墙的建设工程，设计单位应根据建筑高度、周边环境等因素，结合建筑布局合理设计绿化带、裙房等缓冲区域以及挑檐、顶棚等防护设施。建筑出入口上方设有建筑幕墙时，应设置有效的防护措施。

4.1.2 建筑幕墙使用范围及安全防护应符合相关规定。外倾斜玻璃幕墙不得采用隐框形式。

4.1.3 幕墙的性能设计应根据建筑物所在地的地理、气候、环境，建筑物的类别、体型、高度以及设计使用年限和设计基准期等条件进行，性能指标和设计应符合现行国家标准《建筑幕墙》GB/T 21086 和《建筑幕墙、门窗通用技术条件》GB/T 31433 的规定。

4.1.4 幕墙的面板应可拆卸、更换，并不得破坏相邻周边构造。幕墙高度超过 50m 时，应设置清洗、维修装置。

4.1.5 幕墙与主体结构的连接部位应能承受幕墙荷载的传递作用。主体结构变形缝两侧应设置独立的幕墙支承结构，与主体结构变形缝相对应的幕墙构造应能够适应主体结构的变形要求。

4.1.6 玻璃幕墙可根据所处环境、幕墙造型及节能要求采取外遮阳措施。

4.1.7 幕墙玻璃不应对外部环境产生有害反射光的影响，应符合现行国家标准《玻璃幕墙光热性能》GB/T 18091 的规定。

4.1.8 泛光照明设备应可靠地安装在幕墙构件上，线路及灯具的布置和安装不得影响建筑外立面效果，泛光照明系统的安装和布置应考虑维修和更换措施。

4.2 性能设计

4.2.1 幕墙的抗风压性能设计应符合下列要求：

1 幕墙的抗风压性能指标值，应按现行国家标准《建筑结构荷载规范》GB 50009 中规定的外围护结构风荷载标准值计算确定，取正、负风荷载标准值的最大绝对值作为指标值，并不得小于 1.0kPa；

2 超高层建筑、体型不规则或风环境复杂的幕墙结构，除按现行国家标准《建筑结构荷载规范》GB 50009 中规定的计算外，应结合风洞模型试验所得结果进行分析、比较和判断，并符合现行行业标准《建筑工程风洞试验方法标准》JGJ/T 338 的规定；

3 在抗风压性能指标值的作用下，幕墙的支承结构挠度变形应符合表 4.2.1-1 的规定，幕墙面板相对挠度变形应符合表 4.2.1-2 的规定；

表 4.2.1-1 幕墙支承结构相对挠度要求

支承结构类型		相对挠度 (L 跨度)
构件式玻璃幕墙 单元式玻璃幕墙	铝合金型材	L/180
	钢型材	L/250
石材幕墙 金属板幕墙 人造板幕墙	铝合金型材	L/180
	钢型材	L/250
点支承玻璃幕墙	钢结构	L/250
	索杆结构	L/200
全玻璃幕墙	玻璃肋	L/200
构件式玻璃幕墙 单元式玻璃幕墙	玻璃面板	短边/60
	光伏玻璃面板	短边/120

表 4.2.1-2 幕墙面板相对挠度要求

幕墙类型	面板种类	挠度
金属板幕墙	金属面板	短边距/90
	加强肋	铝材：跨距/180 钢材：跨距/250
点支承玻璃幕墙	玻璃面板	支承点间较大跨距/60
全玻璃幕墙	玻璃面板	跨距/60
石材幕墙	石材面板	—

4 双层幕墙的抗风压性能应满足在风荷载指标值作用下，内外两层幕墙的变形均不应超过表 4.2.1-1 和表 4.2.1-2 的规定值，且不应发生任何功能障碍和损坏。

4.2.2 幕墙的水密性能设计应符合下列要求：

1 受热带风暴和台风袭击的地区，水密性能设计取值应按下式计算，且固定部分的取值不应低于 1000Pa：

$$P = 1000\mu_z\mu_{s1}w_0 \quad (4.2.2)$$

式中：P——水密性能设计风压力差值（Pa）；

w_0 ——基本风压（ kN/m^2 ）；

μ_z ——风压高度变化系数，应按现行国家标准《建筑结构荷载规范》GB 50009 的规定采用；

μ_{s1} ——局部风压体型系数，可取 1.2。

2 其他地区水密性能可按第 1 款计算值的 75% 进行设计，且固定部分取值不应低于 700Pa；

3 可开启部分水密性能等级宜与固定部分相对应，水密性能分级应不低于现行国家标准《建筑幕墙》GB/T 21086 中规定的 2 级。开放式建筑幕墙的水密性能不作要求。

4.2.3 幕墙的气密性能应符合建筑节能设计，可开启部分和幕墙整体的气密性指标分级应不低于现行国家标准《建筑幕墙》

GB/T 21086 中规定的 3 级。开放式建筑幕墙的气密性能不作要求。

4.2.4 幕墙平面内变形性能应符合现行国家标准《建筑幕墙》GB/T 21086 的规定，平面外变形性能及垂直方向变形性能应满足设计要求，并应符合现行国家标准《建筑幕墙层间变形性能分级及检测方法》GB/T 18250 的规定。在计算时应满足下列要求：

1 主体结构楼层弹性层间位移角控制值应按层间高度内弹性层间位移量计算，其值由主体设计计算并提供。主体设计未提供时，可按现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011 和现行行业标准《高层建筑混凝土结构技术规程》JGJ 3 的规定采用；

2 建筑幕墙层间变形性能指标值不应小于主体结构小震时弹性层间位移角控制值的 3 倍；

3 层间变形性能指标值仅供模拟测试判定使用。测试不满足时，应调整幕墙连接构造设计。

4.2.5 建筑幕墙热工性能应满足建筑节能及相关标准的要求，还应符合本标准第 4.5 节的规定。

4.2.6 幕墙的空气声隔声性能应根据建筑物的使用功能和环境条件确定，满足《民用建筑隔声设计规范》GB 50118 的要求，性能指标应符合现行国家标准《建筑幕墙》GB/T 21086 和《建筑幕墙、门窗通用技术条件》GB/T 31433 的规定。

4.2.7 幕墙耐撞击性能指标应符合现行国家标准《建筑幕墙》GB/T 21086 和《建筑幕墙、门窗通用技术条件》GB/T 31433 耐撞击性能分级的规定，幕墙室内侧耐撞击性能指标不应低于 1 级，人员流动密度大或青少年、幼儿活动的公共建筑的建筑幕墙，耐撞击性能指标不应低于 2 级。

4.3 构造设计

4.3.1 建筑幕墙的构造设计应满足安全、实用与美观的原则，并应便于制作安装、面板更换和维修保养。

4.3.2 建筑幕墙立面上有雨篷、压顶以及其他凸出构造时，结合部位应采取防水、排水构造措施，排水坡度不应小于3%。

4.3.3 幕墙框架可采用铝合金型材、钢型材或铝合金型材与钢型材组合的形式。横梁可通过连接件、螺栓、螺钉或销钉与立柱连接，也可采用焊缝连接。

4.3.4 注胶封闭式幕墙胶缝应能够适应建筑物由于风荷载、地震作用和温度变化产生的变形。密封胶应采用硅酮建筑密封胶，玻璃及铝板幕墙用硅酮建筑密封胶的厚度不应小于3.5mm，胶缝宽度不宜小于10mm；石材幕墙用硅酮建筑密封胶的厚度不应小于3.5mm，胶缝宽度不宜小于8mm；人造板幕墙用硅酮建筑密封胶厚度不宜小于6mm，胶缝宽度不宜小于6mm。较深密封胶槽口的底部应采用聚乙烯发泡材料填塞。

4.3.5 胶条封闭式幕墙板缝可采用三元乙丙、氯丁橡胶或硅橡胶密封条密封，纵横密封条交叉处应有防水密封措施。单元式幕墙板块接缝构造上宜按照雨幕原理进行多空腔设计，并应设置导排水系统。

4.3.6 开放式幕墙应在面板的背面空间设置防水构造或在建筑主体墙面上设置防水层，并应设置可靠的导排水系统。

4.3.7 幕墙面板后部设置保温构造时，保温材料燃烧性能应为A级，应有防潮措施并可靠固定，固定保温材料的内衬板与玻璃内表面的间距不得小于50mm，并设置透气孔。

4.3.8 建筑幕墙框架与主体结构连接应采用预埋件为主。预埋件的规格、型号及位置应符合设计要求。当采用后置埋件时，应在设计图中明确锚栓的品种、规格及抗拉力设计值。

4.3.9 幕墙的连接构造应采取防止由于风压力、结构变形、温

度变化而产生的响声或金属摩擦噪音的措施。幕墙的立柱与横梁采用螺栓连接时，连接处可设置柔性垫片或预留 1mm~2mm 的间隙注胶填充。

4.3.10 除不锈钢外，幕墙中不同种类金属材料的直接接触处，应设置绝缘垫片或采取其他有效的防止双金属腐蚀措施。

4.3.11 幕墙构件的内侧表面与主体结构的外缘之间应预留空隙，且不宜小于 30mm。

4.4 开启窗设计

4.4.1 幕墙开启窗的尺寸、数量、位置及外观应满足使用功能和立面效果要求，并应启闭方便，使用安全。

4.4.2 玻璃幕墙中开启窗宜采用内开窗及上悬外开的形式，不宜采用推拉窗、外平开窗。除消防排烟窗外，超高层建筑玻璃幕墙中开启窗不应采用外平开窗、平推窗及下悬外开窗。单扇面积不宜大于 1.5m²，开启角度不宜大于 30°，最大开启距离不宜大于 300mm。外开窗应采取防止窗扇坠落的措施。隐框开启扇底部应设置托条，托条厚度不应小于 2mm，长度不小于 100mm，玻璃四周应设置防止结构胶外露的构造措施。

4.4.3 开启窗的框、扇角部连接处应密封处理，宜采用机械组角。开启扇与窗框应不少于二道密封，并采用三元乙丙橡胶、氯丁橡胶或硅橡胶密封条制品嵌填密闭。开启窗窗框与幕墙框架的结合宜采用搭接构造形式，连接处应有防雨水渗漏密封措施。

4.4.4 玻璃幕墙开启窗用型材壁厚不应小于 1.8mm。窗框与窗扇连接用合页、滑撑等应采用螺钉连接，连接部位型材的局部壁厚不应小于 4mm。外露螺钉头与型材结合处应有密封措施。

4.4.5 连接门窗框的幕墙型材局部壁厚不应小于 2.0mm，窗框与幕墙型材采用螺钉或自攻螺钉连接时，螺钉间距不应大于 300mm，边距不应大于 150mm，螺钉尖部露出长度不小于 8mm。外露螺钉与型材连接处应密封处理。门框与幕墙型材不应采用自

攻螺钉连接。

4.4.6 开启窗用五金件应满足承载力要求，并应符合现行行业标准《建筑门窗五金件 通用要求》JG/T 212 相关规定。

4.4.7 上悬窗采用悬挂式连接时，应设置有效的防脱措施。被悬挂的横梁应校核自重作用下的挠度，挠度值应不大于跨度的 $1/500$ ，且不大于 3mm 。

4.4.8 开启窗用滑撑应符合现行行业标准《建筑门窗五金件 滑撑》JG/T 127 的规定，应根据开启扇的荷载和开启角度确定滑撑型号、规格，长度不宜小于窗扇高度的 $1/3$ 。当滑撑长度小于边框的 $1/2$ 时，应设置限位撑档，撑档应符合现行行业标准《建筑门窗五金件 撑档》JG/T 128 的规定，并根据开启扇的规格和要求确定撑档型号、规格，两侧应对称配置。

4.4.9 开启窗用执手、锁闭器应符合现行行业标准《建筑门窗五金件 传动机构用执手》JG/T 124 和《建筑门窗五金件 多点锁闭器》JG/T 215 的规定。应根据开启窗的面积、功能及要求确定型号、规格。当开启扇对角线长度大于 0.7m 时，不应采用旋压式执手。开启扇面积大于 1.0m^2 时，应采用多点锁闭器。锁点应根据计算确定，且锁点间距不宜大于 600mm ，边距不应大于 300mm 。

4.4.10 隐框形式开启窗所使用的中空玻璃，第二道密封胶应采用硅酮结构密封胶，结构密封胶的尺寸应经计算确定，中空玻璃合片用硅酮结构密封胶的位置和中空玻璃与窗扇粘接用硅酮结构密封胶的位置应重合。因特殊结构需要，确需采用玻璃飞边或者中空玻璃采用大小片构造时，应至少确保在一对边位置的硅酮结构密封胶重合。

4.4.11 内外倾斜玻璃幕墙立面上不宜设置开启窗，确需设开启窗时，内倾斜幕墙开启窗的下边框应设置构造性的引排水措施，外倾斜幕墙开启窗的窗扇应设置安全限位和防窗扇坠落的构造措施。

4.4.12 幕墙中采用成品铝合金门窗时，产品应符合现行国家标准《铝合金门窗》GB/T 8478 和现行浙江省标准《铝合金建筑外窗应用技术规程》DB33/T 1064 的相关规定。

4.4.13 幕墙中设置排烟窗时，其位置、构造及有效排烟面积的计算应符合建筑设计要求。

4.5 热工设计

4.5.1 建筑幕墙热工性能应符合建筑节能设计和相关标准的要求，热工性能指标应满足现行国家标准《公共建筑节能设计标准》GB 50189、现行浙江省标准《公共建筑节能设计标准》DB33/1036、《居住建筑节能设计标准》DB33/1015 的规定。

4.5.2 传热系数较低的中空玻璃可采用双银或三银 Low - E 玻璃、暖边间隔条、充惰性气体等构造，也可采用双腔或多腔中空玻璃、真空玻璃等。

4.5.3 玻璃幕墙的传热系数应按照现行行业标准《建筑门窗玻璃幕墙热工计算规程》JGJ/T 151 的规定计算确定，计算幕墙传热系数所采用的边界条件应为实际工程的冬季计算条件。非透明幕墙的传热系数应按照其构造组成的各材料层热阻相加的方法计算，同时应将幕墙框架的热冷桥对非透明幕墙的传热系数影响计算在内。幕墙面板背后材料层不同时，应按照相应数值的面积加权平均计算。双层幕墙热工计算可按附录 E 的规定。

4.5.4 明框幕墙用金属型材应采用隔热型材或采取其他有效的隔热措施。隐框构造的外露金属护边宜采用隔热型材或其他组合材质护边。

4.5.5 玻璃幕墙层间梁位置宜采用中空玻璃，当采用单片玻璃或夹层玻璃时，应有防止层间玻璃及四周边框结露的有效措施。

4.5.6 透明玻璃幕墙应进行抗结露计算。抗结露计算应按照实际工程的冬季计算条件下幕墙型材和玻璃内表面温度是否低于露点温度为判定依据。

4.6 防火设计

4.6.1 建筑幕墙的防火设计应符合现行国家标准《建筑设计防火规范》GB 50016 及现行浙江省标准《建筑工程消防验收规范》DB33/1071 的规定。在幕墙面板上设置消防救援口应与建筑设计统一，数量、尺寸应符合相关规定。

4.6.2 幕墙防火封堵的承托板或支承构架应与主体结构牢固连接，缝隙应采用防火密封胶封闭。承托板、支承构架和连接件应能满足耐火时限要求。防火封堵在耐火时限内不应发生开裂或脱落。

4.6.3 幕墙与楼板边沿的实体墙和隔墙之间的缝隙、幕墙与建筑实体墙面间的空腔以及建筑洞口边缘等部位的缝隙，均应采用防火封堵材料封堵，并应满足下列要求：

1 玻璃幕墙与建筑楼层边沿处应设置上下两道水平防火封堵构造。底部应采用厚度不小于 1.5mm 热浸镀锌钢板作承托板，与主体结构可靠连接，并采用厚度不小于 200mm 的岩棉、矿棉等耐高温、不燃材料填塞密实，上部外露部位应采用不燃材料覆盖。承托板与主体结构、幕墙构件以及承托板之间的接缝处应采用防火密封胶密封。封堵材料不应与玻璃直接接触。玻璃幕墙与楼板边沿实体墙的封堵间距不宜大于 200mm；

2 楼层边沿应有高度不小于 1.2m 的实体墙。当室内设置自动喷水灭火系统时，实体墙高度不应小于 0.8m。玻璃幕墙与实体墙的上下沿口应分别设置水平防火封堵。同一块玻璃幕墙面板不应跨越两个相邻的防火分区；

3 幕墙立柱与隔墙竖向防火封堵应连接牢固，封堵两侧应采用厚度不小于 1.5mm 的镀锌钢板封闭，空腔内密实填充不燃材料。防火封堵的厚度不宜小于 100mm 或建筑隔墙的厚度，缝隙应采用防火密封胶封闭；

4 非玻璃幕墙与建筑实体墙的间隙应设置水平防火封堵，

与相邻防火封堵构造应连续封闭；

5 当建筑对水平防火封堵构造有通透要求时，可采用防火玻璃封堵，并应符合现行国家标准《建筑用安全玻璃 第1部分：防火玻璃》GB 15763.1的规定，其耐火极限应符合设计要求。防火玻璃与其他构造间的缝隙应采用防火密封胶进行密封；

6 跨越变形缝的幕墙应在变形缝部位设置竖向防火封堵，防火封堵的填充材料应采用不燃材料，两侧采用1.5mm镀锌钢板进行封闭，并应紧密填实；

7 当建筑实体墙高度不满足规定时，应增设主体防火挑檐，燃烧性能应满足设计要求。

4.6.4 开放式幕墙设置防水背板时，防水背板与建筑实体墙之间的空腔应采取水平防火封堵。

4.6.5 幕墙设置消防排烟窗应符合现行国家标准《建筑设计防火规范》GB 50016和《建筑防烟排烟系统技术标准》GB 51251的规定。

4.6.6 在幕墙面板上设置消防救援口应与建筑设计统一。供消防救援人员进入的窗口应符合现行国家标准《建筑设计防火规范》GB 50016的规定，并应满足下列要求：

1 窗口的净高度和净宽度均不应小于1.0m，下沿距室内地面不宜大于1.2m，间距不宜大于20m且每个防火分区不应少于2个，设置位置应与消防车登高操作场地相对应；

2 窗口采用玻璃时，应采用厚度不大于8mm的单片钢化玻璃或中空钢化玻璃，不得采用平板玻璃、半钢化玻璃或夹层玻璃。当窗口采用非玻璃材质时，应设置可方便开启的救援口及装置；

3 窗口应设置可在室外易于识别的明显标志。

4.6.7 双层幕墙的防火除符合上述规定外，还应符合下列规定：

1 内外层幕墙之间的金属支撑结构应进行防火保护，耐火极限不应低于1.0h；

2 单楼层式双层幕墙应在每层设置层间防火封堵构造；

3 空气间层高度方向为两个层高的多楼层式双层幕墙应在分隔层设置层间防火封堵构造，在非分隔层设置不燃性防火挑檐或防火封堵系统；

4 箱体式双层幕墙的进风口与出风口之间的水平距离不应小于0.5m。当水平距离小于0.5m时，应采取防火隔离措施；

5 当建筑高度小于或等于50m的民用建筑采用空气间层竖向（高度）为两个以上层高的多楼层式双层幕墙时，应每三层设置一道层间防火封堵构造及两道不燃性防火挑檐或防火封堵系统；

6 当建筑高度大于50m的民用建筑采用空气间层竖向（高度）为两个以上层高的多楼层式双层幕墙时，应每两层设置一道层间防火封堵构造，间隔层应设置不燃性防火挑檐或防火封堵系统；

7 内外层幕墙间距大于2.0m的整体式双层玻璃幕墙建筑，应设置自动喷水灭火系统，并在顶部和两侧设置敞开式自然排烟设施；

8 消防登高场地不宜设置在双层幕墙一侧。确需设置时，在对应消防救援窗位置，内层幕墙应设置可内外开启的门，内外层幕墙之间应设置连廊。

4.6.8 当建筑高度大于250m时，设置幕墙的建筑应在建筑外墙上、下层开口之间设置高度不小于1.5m的不燃性实体墙，且在楼板上的高度不应小于0.6m；当采用防火挑檐替代时，防火挑檐的挑出宽度不应小于1.0m、长度不应小于开口的宽度两侧各延长0.5m。

4.7 防雷设计

4.7.1 幕墙的防雷设计应符合现行国家标准《建筑物防雷设计规范》GB 50057和《民用建筑电气设计标准》GB 51348的有关

规定。幕墙建筑应按建筑物的防雷分类等级采取防直击雷、侧击雷、雷电感应以及等电位连接措施。幕墙的防雷设计应符合电气设计专业要求。

4.7.2 建筑幕墙框架应与主体结构防雷系统可靠连接。除第一类防雷建筑物外，采用金属框架支承的幕墙、采光顶及金属屋面，宜采用外露金属本体作为接闪器，其材料规格应符合现行国家标准《建筑物防雷设计规范》GB 50057 的规定，并按第二类建筑接闪器及其网格尺寸要求，与主体建筑防雷系统可靠连接或独立防雷接地。建筑幕墙防雷接地的电阻值，应满足主体防雷设计要求。

4.7.3 附设于建筑幕墙墙面上的金属构件、电气设施应采取措施防止直击雷和侧击雷，并与幕墙体系连接。

4.7.4 金属屋面宜利用金属面板及金属龙骨作为接闪器；女儿墙为金属压顶板时，宜利用金属压顶板作为接闪器；女儿墙压顶为石材或复合板等非导电材料时，应单独设置接闪器。

4.7.5 用作幕墙防雷连接的主要材料，其截面积应符合表 4.7.5 的规定。

表 4.7.5 防雷连接材料截面积 (mm²)

等电位连接部件	材料	截面积
等电位连接带	铜、铁	≥50
从等电位连接带至接地装置或各等电位连接带之间的连接导体	铜	≥16
	铝	≥25
	钢	≥50
	不锈钢	≥50

4.7.6 构件式幕墙防雷构造：

- 1 隔热型材的内外侧金属型材应连接成电气通路；
- 2 幕墙框架金属构件相互间连接的接触面积不应小于

50mm²，构件连接部位有绝缘材料覆盖时，应采取措施形成有效的防雷电气通路；

3 幕墙立柱在套芯连接部位、幕墙与主体结构之间，防雷连接用材料的截面积应符合表 4.7.5 的规定；

4 金属幕墙的面板及其他外露金属部件，应与支承构件形成良好的电气贯通。支承结构应与主体结构的防雷体系连通；

5 利用自身金属材料作为防雷接闪器的幕墙，其压顶板应选用厚度不小于 2.5mm 的铝单板。

4.7.7 单元式幕墙防雷构造：

1 幕墙型材有隔热构造时，应以等电位金属导体连接其内外侧金属材料，每一单元板块不少于两处；

2 单元板块横竖向型材均设有密闭橡胶条时，型材插口拼装连接处应采用等电位金属材料跨接，形成良好的电气通路，并按本标准第 4.7.2 条规定，与主体建筑防雷体系可靠连接。

4.7.8 双层幕墙的防雷设计应符合本标准相关规定。双层幕墙的内外层幕墙的金属框架应与主体结构的防雷装置可靠连接，并保持导电畅通。

4.7.9 其他构造要求：

1 金属连接件（包括钢质绞线）采用焊接时，焊缝应作防腐处理；

2 当采光顶未处于主体结构防雷保护范围时，应在采光顶的尖顶、屋脊及檐口部位设避雷带，并与其金属框架形成可靠连接；

3 光伏系统部件应采取防直击雷和侧击雷的措施，并采用共用接地方式。

5 结构设计

5.1 一般规定

5.1.1 建筑幕墙应按外围护结构设计，结构设计基准期为50年。

5.1.2 幕墙结构设计应根据受力模型对幕墙面板、支承结构、连接件和锚固件等进行承载力计算，以确保幕墙的安全适用性。幕墙面板与其支承结构、支承结构与主体结构之间均应具有足够的相对位移能力。

5.1.3 幕墙结构设计应采用以概率理论为基础，以分项系数表达的极限状态设计方法，分别按承载力极限状态和正常使用极限状态进行结构设计：

1 承载力极限状态

1) 持久设计状况、短暂设计状况：

$$\gamma_0 S_d \leq R_d \quad (5.1.3-1)$$

2) 地震设计状况：

$$S_E \leq R_d / \gamma_{RE} \quad (5.1.3-2)$$

式中： S_d ——无地震作用荷载组合的效应设计值；

S_E ——地震作用和其他荷载按基本组合的效应设计值；

R_d ——结构构件抗力设计值；

γ_0 ——结构构件重要性系数，应取不小于1.0；

γ_{RE} ——结构构件承载力抗震调整系数，应取1.0。

2 正常使用极限状态

$$d_f \leq d_{f,lim} \quad (5.1.3-3)$$

式中： d_f ——幕墙构件在荷载标准组合作用下的挠度值；

$d_{r,lim}$ ——结构构件挠度限值。

3 对双向受弯杆件，两个方向的挠度应分别符合本条第 2 款的规定。

5.1.4 结构构件的受拉承载力应按净截面计算，受压承载力应按有效净截面计算，稳定性应按有效截面计算，构件的变形和稳定系数可按毛截面计算。

5.1.5 采用螺栓连接、挂接或插接的幕墙构件，应采取可靠的防松动、防滑移、防脱落措施。

5.1.6 幕墙构件应根据实际结构形式计算各设计状况下的弯矩、剪力和轴力。

5.1.7 屋顶幕墙结构距离屋面高度超过 5m 时，应设置主体结构用于幕墙框架的支承。

5.2 荷载与地震作用

5.2.1 幕墙风荷载标准值应按下式计算，并且不应小于 1.0kN/m^2 。

$$w_k = \beta_{gz} \mu_{s1} \mu_z w_0 \quad (5.2.1)$$

式中： w_k ——风荷载标准值 (kN/m^2)；

β_{gz} ——阵风系数，按现行国家标准《建筑结构荷载规范》GB 50009 的规定采用；

μ_{s1} ——风荷载局部体型系数，按现行国家标准《建筑结构荷载规范》GB 50009 的规定采用。

μ_z ——风压高度变化系数，按现行国家标准《建筑结构荷载规范》GB 50009 的规定采用；

w_0 ——基本风压 (kN/m^2)，按现行国家标准《建筑结构荷载规范》GB 50009 的规定采用。

5.2.2 超高层、体型不规则或风环境复杂的幕墙结构，风荷载局部体型系数、风荷载标准值除按本标准第 5.2.1 条规定的计算

以外，还宜结合风洞试验或数值风洞方法确定，幕墙高度大于200m时应进行风洞试验确定。

5.2.3 幕墙构件同时承受两个正交方向的风荷载作用时，强度应按 $1.0X + 0.6Y$ 和 $1.0Y + 0.6X$ 两种组合方式确定。其中 X 为构件横截面主轴方向最大风荷载设计值， Y 是与 X 正交方向的最大风荷载设计值。

5.2.4 除索网幕墙外，幕墙结构的地震作用标准值可按以下方法计算：

1 垂直于幕墙平面的分布水平地震作用标准值可按下式计算：

$$q_{Ek} = \beta_E \alpha_{\max} G_k / A \quad (5.2.4-1)$$

式中： q_{Ek} ——垂直于幕墙平面的分布水平地震作用标准值 (kN/m^2)；

β_E ——动力放大系数，可取不小于5.0；

α_{\max} ——水平地震影响系数最大值，应符合表5.2.4的规定；

G_k ——计算对象及所支承幕墙构件的重力荷载标准值 (kN)；

A ——幕墙构件平面面积 (m^2)。

表 5.2.4 水平地震影响系数最大值 α_{\max}

抗震设防烈度	6度	7度	8度
α_{\max}	0.04	0.08 (0.12)	0.16 (0.24)

注：括号中数值分别用于设计基本地震加速度为0.15g和0.30g的地区

2 平行于幕墙平面的集中水平地震作用标准值可按下式计算：

$$P_{Ek} = \beta_E \alpha_{\max} G_k \quad (5.2.4-2)$$

式中： P_{Ek} ——平行于幕墙平面的集中水平地震作用标准值（kN）。

5.3 作用效应组合与计算

5.3.1 幕墙结构可按弹性方法计算，计算模型应与构件连接的实际情况相符合，计算假定应与结构的实际工作性能相符合。规则构件可按解析或近似公式计算作用效应，复杂边界或荷载的构件，可采用有限元方法计算作用效应。

5.3.2 大位移幕墙结构的作用效应计算应考虑几何非线性影响。压弯构件、复杂结构体系、桁架支承结构及其他大跨度结构应考虑结构和构件的稳定性。

5.3.3 考虑几何非线性影响计算幕墙结构时，应先进行荷载与作用的组合，再计算组合荷载与作用的效应。采用线弹性方法计算幕墙结构时，可先计算各荷载与作用的效应，再进行荷载与作用效应的组合。

5.3.4 计算幕墙构件承载力极限状态时，其作用或效应的组合应符合下列规定：

1 持久设计状况、短暂设计状况：

$$S = \gamma_G S_{Gk} + \psi_w \gamma_w S_{wk} + \psi_T \gamma_T S_{Tk} \quad (5.3.4-1)$$

2 地震设计状况：

$$S = \gamma_G S_{Gk} + \psi_E \gamma_E S_{Ek} + \psi_w \gamma_w S_{wk} \quad (5.3.4-2)$$

式中： S ——作用组合的效应设计值；

S_{Gk} ——永久荷载效应标准值；

S_{wk} ——风荷载效应标准值；

S_{Ek} ——地震作用效应标准值；

S_{Tk} ——温度作用效应标准值，对变形不受约束的支承结构及构件，可取0；

γ_G ——永久荷载分项系数；

- γ_w ——风荷载分项系数；
 γ_E ——地震作用分项系数；
 γ_T ——温度作用分项系数；
 ψ_w ——风荷载的组合值系数；
 ψ_E ——地震作用的组合值系数；
 ψ_T ——温度作用的组合值系数。

5.3.5 幕墙构件的承载力设计时，作用分项系数应符合现行国家标准《建筑结构可靠性设计统一标准》GB 50068 的规定，并按下列规定取值：

1 当作用效应对承载力不利时，永久荷载、风荷载、地震作用、温度作用的分项系数 γ_G 、 γ_w 、 γ_E 、 γ_T 应分别取 1.3、1.5、1.3 和 1.5；

2 当永久荷载对承载力有利时，其分项系数的取值不应大于 1.0；

3 对施加预应力的幕墙体系，应增加预加应力产生的组合效应；预应力作用效应对承载力不利时其分项系数应取 1.3，有利时不应大于 1.0。

5.3.6 幕墙构件承载力设计时，可变作用的组合值系数应按下列规定采用：

1 持久设计状况、短暂设计状况且风荷载效应起控制作用时，风荷载组合值系数 ψ_w 应取 1.0，温度荷载组合值系数 ψ_T 应取 0.6；

2 持久设计状况、短暂设计状况且温度荷载效应起控制作用时，风荷载组合值系数 ψ_w 应取 0.6，温度荷载组合值系数 ψ_T 应取 1.0；

3 地震作用组合值系数应取 1.0，风荷载组合值系数应取 0.2；

4 对施加预应力的幕墙体系，预加应力组合值系数应

取 1.0。

5.3.7 幕墙构件的挠度验算时，仅考虑永久荷载、风荷载、温度荷载作用。永久荷载分项系数 γ_G 、风荷载分项系数 γ_w 、温度荷载分项系数 γ_T 均应取 1.0，且可不考虑作用组合。施加预应力的幕墙体系应考虑预加应力的作用组合，预应力分项系数 γ_P 应取 1.0。

5.3.8 计算斜玻璃幕墙的承载力时，应计入重力荷载及施工荷载在垂直于玻璃平面方向作用所产生的弯曲应力。

5.4 连接设计

5.4.1 建筑幕墙应与主体结构可靠连接。连接件与主体结构的锚固承载力设计值应大于连接件本身的承载力设计值。与主体结构或埋件直接连接的连接件厚度应经计算确定，钢质连接件厚度不应小于 5mm，铝合金连接件厚度不应小于 8mm。

5.4.2 幕墙立柱宜悬挂在主体结构上，与主体结构的连接节点应有可靠的防松、防脱和防滑措施。

5.4.3 隔热型材用隔热材料不应承受或传递荷载，应采取措施将隔热材料外侧的荷载传递到隔热材料内侧的受力构件上。玻璃下端采用隔热型材时，应设置托条将玻璃的自重直接传递到主受力构件。隔热型材等效惯性矩计算方法应符合现行行业标准《建筑用隔热铝合金型材》JG175 的规定。

5.4.4 构件连接应作承载力验算。钢结构之间连接可采用螺栓连接或焊接，铝合金结构之间可采用螺钉或螺栓连接。螺钉或螺栓应采用不锈钢材质。

5.4.5 幕墙结构与主体结构宜通过预埋件连接，预埋件应在主体结构施工时埋入。当没有条件采用预埋件连接时，应采用其他可靠的连接措施，并通过试验确定其承载力。

5.4.6 由锚板和对称配置的锚固钢筋所组成的受力预埋件，应按本标准附录 A 的规定进行设计。

5.4.7 槽型预埋件应满足现行国家标准《钢结构设计标准》GB 50017 和《混凝土结构设计规范》GB 50010 的有关规定，并宜通过试验确定其承载力。槽型预埋件的设计与构造见附录 B。

5.4.8 幕墙结构与主体结构采用后置埋件连接时，锚栓、锚板布置应符合现行行业标准《混凝土结构后锚固技术规程》JGJ 145 的规定，并应满足下列要求：

1 后置埋件用锚栓可选用扩底型机械锚栓、特殊倒锥形化学锚栓等性能可靠的锚栓，不得使用膨胀型锚栓和普通化学锚栓；

2 锚栓直径和数量应通过承载力计算确定。锚栓直径不应小于 10mm，每个后置埋件上不应少于 2 个锚栓，同一锚板应采用同类型锚栓；

3 锚栓在可变荷载作用下的承载力设计值应取其承载力标准值除以系数 2.15；在永久荷载作用下的承载力设计值应取其承载力标准值除以系数 2.5；

4 后置锚栓抗拔承载力应按照现行行业标准《混凝土结构后锚固技术规程》JGJ 145 的规定进行现场检测，现场检测值不应小于其设计值的 2 倍；

5 在与特殊倒锥形化学锚栓接触的连接件上进行焊接操作时，应提供锚栓的耐高温测试报告，并充分考虑焊接对锚栓承载力和锚固性能的影响；

6 防火幕墙后锚固应采用扩底型机械锚栓等耐火性能可靠的锚栓。

5.4.9 轻质填充墙不应作为幕墙的支承结构。幕墙与砌体结构确需连接时，应在连接部位的主体结构上增加钢筋混凝土或钢结构梁、柱，不得在砌体结构采用对穿螺栓连接。

5.4.10 幕墙与主体钢结构连接的钢构件宜在主体钢结构加工时完成，不宜在现场焊接。

5.4.11 螺栓、螺钉和铆钉连接计算应符合现行国家标准《钢

结构设计标准》GB 50017、《冷弯薄壁型钢结构技术规范》GB 50018、《铝合金结构设计规范》GB 50429 的相关规定。

5.4.12 幕墙构件和连接计算分析模型应与实际受力状态一致。应考虑面板重力偏心和其他连接偏心产生的影响。

5.5 硅酮结构密封胶设计

5.5.1 硅酮结构密封胶的粘接宽度和粘接厚度应经计算确定。粘接厚度不应小于 6mm，不宜大于 12mm。粘接宽度不应小于 7mm，不宜大于厚度的 2 倍。

5.5.2 硅酮结构密封胶应根据不同的受力情况进行承载力极限状态验算。在风荷载、水平地震作用下，硅酮结构密封胶的拉应力或剪应力设计值不应大于其强度设计值 f_1 ， f_1 应取 0.2N/mm^2 ；在永久荷载作用下，硅酮结构密封胶的拉应力或剪应力设计值不应大于其强度设计值 f_2 ， f_2 应取 0.01N/mm^2 。严禁硅酮结构密封胶承受永久荷载。

5.5.3 隐框、半隐框玻璃幕墙中，玻璃和铝框之间硅酮结构密封胶的粘接宽度 c_s ，应根据受力情况分别按下列规定计算，取第 1、2、3 款计算的较大值。

1 在风荷载作用下，粘接宽度 c_s 应按下式计算：

$$c_s = \frac{wa}{2000f_1} \quad (5.5.3-1)$$

式中： c_s ——硅酮结构密封胶的粘接宽度（mm）；

w ——作用在计算单元上的风荷载设计值（ kN/m^2 ）；

a ——矩形玻璃板的短边边长（mm）；

f_1 ——硅酮结构密封胶在风荷载或地震作用下的强度设计值，取 0.2N/mm^2 。

2 在风荷载和水平地震作用下，粘接宽度 c_s 应按下式计算：

$$c_s = \frac{(q_E + 0.2w) a}{2000f_1} \quad (5.5.3-2)$$

式中： q_E ——作用在计算单元上的地震作用设计值（ kN/m^2 ）。

3 在永久荷载作用下，粘接宽度 c_s 应按下式计算：

$$c_s = \frac{q_G ab}{2000(a+b)f_2} \quad (5.5.3-3)$$

式中： q_G ——幕墙面板单位面积重力荷载设计值（ kN/m^2 ）；

a 、 b ——分别为矩形面板的短边和长边长度（ mm ）；

f_2 ——硅酮结构密封胶在永久荷载作用下的强度设计值，取 0.01N/mm^2 。

5.5.4 水平倒挂的半隐框玻璃和铝框之间硅酮结构密封胶的粘接宽度 c_s 应按下式计算：

$$c_s = \frac{wa}{2000f_1} + \frac{q_G a}{2000f_2} \quad (5.5.4)$$

5.5.5 硅酮结构密封胶的粘接厚度 t_s 应按下式计算确定：

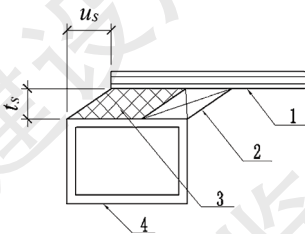


图 5.5.5 结构硅酮密封胶变形示意

1—玻璃；2—垫条；3—硅酮结构密封胶；4—铝合金框

$$t_s \geq \frac{u_s}{3\delta} \quad (5.5.5-1)$$

$$u_s = \eta [\theta] h_g \quad (5.5.5-2)$$

式中： t_s ——硅酮结构密封胶的粘接厚度（ mm ）；

- u_s ——幕墙玻璃相对于铝合金框的位移 (mm), 必要时应考虑温度变化产生的相对位移;
- η ——硅酮结构胶厚度方向剪切位移影响系数, 取 0.6;
- θ ——风荷载标准值作用下主体结构的楼层弹性层间位移角限值 (rad);
- h_g ——玻璃面板高度 (mm), 取其边长 a 或 b;
- δ ——硅酮结构密封胶的变位承受能力, 取对应于其受拉应力为 $0.14\text{N}/\text{mm}^2$ 时的伸长率。根据硅酮结构密封胶生产商提供的结构胶拉伸试验的应力应变曲线图选用。

5.5.6 隐框、半隐框中空玻璃的二道密封硅酮结构胶应能承受外侧面板传递的荷载作用, 其有效宽度应按本标准第 5.5.3 条和第 5.5.4 条的规定计算, 且不应小于 7mm。

6 面板设计

6.1 一般规定

6.1.1 根据建筑物功能、建筑设计、建筑节能要求以及技术经济指标，合理选择面板的材料种类和构造形式，并应符合现行国家标准的规定。

6.1.2 幕墙面板的热工性能、色泽及图案应符合建筑设计的要求，并应满足节能环保及绿色建筑要求。

6.1.3 面板设计应符合材质性能、加工制作、运输安装和维护更换的要求。

6.1.4 面板应与支承结构可靠连接，应根据面板的材质、截面形状和建筑装饰要求确定，并应满足由风荷载、雪荷载和地震、温度作用等产生的平面内和垂直于平面的强度及挠度要求。面板的挠度应符合表 4.2.1-2 的规定。

6.2 玻璃面板

6.2.1 幕墙用玻璃应采用安全玻璃，外片玻璃应采用安全夹层玻璃、超白钢化玻璃或者均质钢化玻璃及其制品，其中，商业中心、交通枢纽、公共文化体育设施等人员密集、流动性大的区域内的建筑，临街建筑和因幕墙玻璃坠落容易造成人身伤害、财产损坏的其他情形的建筑，二层以上部位外片玻璃应采用安全夹层玻璃，并应满足幕墙的使用功能。外倾斜玻璃幕墙朝地面侧应采用夹层玻璃。

6.2.2 处于人员流动密度大或青少年、幼儿活动等场所，容易发生物体和人体冲击的玻璃面板宜采用夹层玻璃，对使用中容易受到撞击的部位应设置防撞措施。

6.2.3 幕墙用钢化玻璃允许面积应符合表 6.2.3-1 的规定：

表 6.2.3-1 钢化玻璃允许面积 (m²)

公称厚度 (mm)	允许面积
6	3.0
8	4.0
10	5.0
12	6.0
15, 19	供需双方商定

幕墙用夹层玻璃允许面积应符合表 6.2.3-2 的规定：

表 6.2.3-2 夹层玻璃允许面积 (m²)

公称厚度 (mm)	允许面积
6.38 6.76 7.52	3.0
8.38 8.76 9.52	5.0
10.38 10.76 11.52	7.0
12.38 12.76 13.52	8.0
大于 13.52	供需双方商定

6.2.4 玻璃厚度应经过强度和挠度计算确定，钢化玻璃及夹层玻璃允许面积应满足本标准第 6.2.3 条的规定。当采用 10mm 及以上超白平板玻璃的钢化玻璃，其面积可适当加大。

6.2.5 高度大于 100m 时不宜采用隐框玻璃幕墙，确需采用时应在面板和支承结构之间采取除硅酮结构胶以外的防面板脱落构造措施。

6.2.6 隐框玻璃幕墙转角处玻璃悬挑不应超过 300mm，并满足承载力要求。

6.2.7 四边支承单片玻璃在垂直于玻璃幕墙平面的风荷载和地震作用下，最大应力应符合下列规定：

1 最大应力标准值按几何非线性有限元方法计算，也可按下列公式计算：

$$\sigma_{wk} = \frac{6mw_k a^2}{t^2} \eta \quad (6.2.7-1)$$

$$\sigma_{Ek} = \frac{6mq_{Ek} a^2}{t^2} \eta \quad (6.2.7-2)$$

$$\theta = \frac{w_k a^4}{Et^4} \text{ 或 } \theta = \frac{(q_{Ek} + 0.2w_k) a^4}{Et^4} \quad (6.2.7-3)$$

式中： θ ——参数；

σ_{wk} 、 σ_{Ek} ——分别为风荷载、地震作用下玻璃截面的最大应力标准值 (N/mm^2)；

w_k 、 q_{Ek} ——分别为垂直于玻璃幕墙平面的风荷载、地震作用标准值 (N/mm^2)；

a ——矩形玻璃板材短边边长 (mm)；

t ——玻璃的厚度 (mm)；

E ——玻璃的弹性模量 (N/mm^2)；

m ——弯矩系数，可由玻璃板短边与长边边长之比 a/b 按表 6.2.7-1 采用；

η ——折减系数，可由参数 θ 按表 6.2.7-2 采用。

表 6.2.7-1 四边支承玻璃板的弯矩系数 m

a/b	0.01	0.25	0.33	0.40	0.50	0.55	0.60	0.65
m	0.1250	0.1230	0.1180	0.1115	0.0100	0.0934	0.0868	0.0804
a/b	0.70	0.75	0.80	0.85	0.90	0.95	1.0	—
m	0.0742	0.0683	0.0628	0.0576	0.0528	0.0483	0.0442	—

表 6.2.7-2 折减系数 η

θ	≤ 5	10	20	40	60	80	100
η	1.00	0.96	0.92	0.84	0.78	0.73	0.68
θ	120	150	200	250	300	350	≥ 400
η	0.65	0.61	0.57	0.54	0.52	0.51	0.50

2 最大应力设计值应按本标准 5.3.4 规定组合；

3 最大应力设计值不应超过玻璃中部强度设计值 f_g 。

6.2.8 四边支承的单片玻璃在风荷载作用下的跨中挠度，应符合下列规定：

1 玻璃的刚度 D 按下式计算：

$$D = \frac{Et^3}{12(1-\nu^2)} \quad (6.2.8-1)$$

式中： D ——玻璃刚度（ $N \cdot mm$ ）；

t ——玻璃厚度（ mm ）；

ν ——泊松比，可按本标准表 3.8.8 采用。

2 玻璃跨中挠度可按几何非线性有限元方法计算，也可按下式计算：

$$d_f = \frac{\mu w_k a^4}{D} \eta \quad (6.2.8-2)$$

式中： d_f ——在风荷载标准值作用下挠度最大值（ mm ）；

w_k ——垂直于玻璃幕墙平面的风荷载标准值（ N/mm^2 ）；

μ ——挠度系数，由玻璃面板短边与长边边长之比 a/b 按表 6.2.8 采用；

η ——折减系数，按本标准表 6.2.7-2 采用。

表 6.2.8 四边支承板的挠度系数 μ

a/b	0.01	0.20	0.25	0.33	0.50
μ	0.01302	0.01297	0.01282	0.01223	0.01013

续表 6.2.8

a/b	0.55	0.60	0.65	0.70	0.75
μ	0.00940	0.00867	0.00796	0.00727	0.00663
a/b	0.80	0.85	0.90	0.95	1.00
μ	0.00603	0.00547	0.00496	0.00449	0.00406

3 在风荷载标准值作用下，四边支承玻璃的挠度限值 $d_{r,lim}$ 按其短边边长 $1/60$ 采用。

6.2.9 四边支承的夹层玻璃荷载应按下列规定计算：

1 作用于夹层玻璃的风荷载和地震作用按下列公式分配至两片玻璃：

$$w_{k1} = w_k \frac{t_1^3}{t_1^3 + t_2^3} \quad (6.2.9-1)$$

$$w_{k2} = w_k \frac{t_2^3}{t_1^3 + t_2^3} \quad (6.2.9-2)$$

$$q_{EK1} = q_{Ek} \frac{t_1^3}{t_1^3 + t_2^3} \quad (6.2.9-3)$$

$$q_{EK2} = q_{Ek} \frac{t_2^3}{t_1^3 + t_2^3} \quad (6.2.9-4)$$

式中： w_k ——作用于夹层玻璃上的风荷载标准值 (N/mm^2)；

w_{k1} 、 w_{k2} ——分配到各单片玻璃的风荷载标准值 (N/mm^2)；

q_{Ek} ——作用于夹层玻璃上的地震作用标准值 (N/mm^2)；

q_{EK1} 、 q_{EK2} ——分配到各单片玻璃的地震作用标准值 (N/mm^2)；

t_1 、 t_2 ——各单片玻璃的厚度 (mm)。

2 两片玻璃应力分别按本标准第 6.2.7 条计算；

3 玻璃挠度计算按本标准第 6.2.8 条计算，玻璃刚度 D 采用等效厚度 t_e ，计算公式：

$$t_e = \sqrt[3]{t_1^3 + t_2^3} \quad (6.2.9-5)$$

式中： t_e ——夹层玻璃的等效厚度（mm）。

6.2.10 四边支承的中空玻璃应按下列规定计算：

1 风荷载标准值按下列公式分配至两片玻璃：

1) 直接承受风荷载作用的单片玻璃：

$$w_{k1} = 1.1w_k \frac{t_1^3}{t_1^3 + t_2^3} \quad (6.2.10-1)$$

2) 不直接承受风荷载作用的单片玻璃：

$$w_{k2} = w_k \frac{t_2^3}{t_1^3 + t_2^3} \quad (6.2.10-2)$$

2 作用于中空玻璃上的地震作用标准值 q_{EK1} 、 q_{EK2} ，根据各单片玻璃的自重，按照本标准 5.2 条的规定计算；

3 两片玻璃应力计算分别按本标准公式 6.2.7 计算；

4 中空玻璃的挠度按本标准 6.2.8 条的规定计算，但计算玻璃刚度 D 时应采用等效厚度 t_e 按下式计算：

$$t_e = 0.95 \sqrt[3]{t_1^3 + t_2^3} \quad (6.2.10-3)$$

6.2.11 四边支承的中空单面夹层玻璃按下列规定计算：

1 作用于中空单面夹层玻璃上的风荷载标准值可按下列公式分配至三片玻璃：

1) 直接承受风荷载作用的单片玻璃：

$$w_{k1} = 1.1w_k \frac{t_1^3}{\sum_{i=1}^3 t_i^3} \quad (6.2.11-1)$$

不直接承受风荷载作用的夹层玻璃：

$$w_{ki} = w_k \frac{t_i^3}{\sum_{i=1}^3 t_i^3} \quad (i=2, 3) \quad (6.2.11-2)$$

式中： t_1 ——单片玻璃的厚度（mm）

t_2 、 t_3 ——夹层玻璃各单片玻璃的厚度（mm）

2) 直接承受风荷载作用的夹层玻璃：

$$w_{k1} = 1.1w_k \frac{t_i^3}{\sum_{i=1}^3 t_i^3} \quad (i=2, 3) \quad (6.2.11-3)$$

不直接承受风荷载作用的单片玻璃:

$$w_{k1} = w_k \frac{t_1^3}{\sum_{i=1}^3 t_i^3} \quad (6.2.11-4)$$

式中: t_1 ——单片玻璃的厚度 (mm)

t_2 、 t_3 ——夹层玻璃各单片玻璃的厚度 (mm)

2 地震作用标准值, 根据各单片玻璃自重, 按本标准第 5.2 节规定计算;

3 三片玻璃应力按本标准第 6.2.7 条公式的规定计算;

4 玻璃挠度可采用等效厚度法或根据三片玻璃各自承受的荷载按本标准第 6.2.8 条的规定计算。

玻璃的等效厚度 t_e 按下式计算:

$$t_e = 0.95 \sqrt[3]{t_1^3 + t_2^3 + t_3^3} \quad (6.2.11-5)$$

5 内外夹层中空玻璃可按上述规定推理计算。

6.2.12 在垂直于幕墙平面的风荷载和地震作用下, 四点支承玻璃面板的应力和挠度应符合下列规定:

1 最大应力标准值和最大挠度宜按考虑几何非线性有限元方法计算, 也可按下列公式计算:

$$\sigma_{wk} = \frac{6mw_k b^2}{t^2} \eta \quad (6.2.12-1)$$

$$\sigma_{Ek} = \frac{6mq_{Ek} b^2}{t^2} \eta \quad (6.2.12-2)$$

$$d_i = \frac{\mu w_k b^4}{D} \eta \quad (6.2.12-3)$$

$$\theta = \frac{w_k b^4}{Et^4} \text{ 或 } \theta = \frac{(q_{Ek} + 0.2w_k) b^4}{Et^4} \quad (6.2.12-4)$$

式中: θ ——参数;